

所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈運動性能部〉

**剝離渦層を流出しながら任意運動をしている物体に
働く流体力**

Hydrodynamic Forces and Moments Acting on a
Moving Body with Separating Thin Vortex Layers

野中晃二

平成4年5月

西部造船会会報 第84号

無限静止流体中を、物体が静止の状態から出発して、任意の運動をしている場合、物体表面に沿って発達する境界層、及び、境界層の剝離により形成される剝離渦流域の厚さが十分薄い場合は、剝離渦流域を厚さのない渦層で近似する事により、完全流体中において、一種の自由表面としての渦層を持つ、任意運動する物体まわりの potential flow の問題として扱う事が出来る。このような lifting potential flow 問題において、物体に働く流体力を求めるには、物体表面で圧力積分する方法が、最も直接的な方法であるが、問題によっては、圧力分布を求める事なく、速度ポテンシャルの値そのものを使って流体力を求める方が、便利な場合も多い。

本論文の目的は、薄い剝離渦層を流出しながら任意運動をしている物体に働く流体力について、lifting potential flow 問題として、速度ポテンシャル表示による流体力の厳密な式を示す事、及び、細長体理論における、物体に働く流体力の近似式の有効性の範囲を、厳密式からの誘導により、明確に示す事にある。

本論文では、先ず、無限領域の完全流体中を、物体が自由渦層を流出しながら任意運動をしているという、3次元 lifting potential flow 問題について、速度ポテンシャル表示による簡単明瞭な形での、物体に働く流体力の厳密式を求めた。但し、この厳密式は、出発渦を含めて渦層全体の情報を必要とするため、物体が運動を始めてから長い時間が経てば、實際上計算は不可能となる。そこで、本厳密式を、無限後方の渦層の情報を必要としない、物体の運動開始後十分時間が経った後も計算可能な、実用的な形に変換した。次いで、この実用的厳密解を、細長体近似によりオーダー展開し、2nd order まで有効な近似解を求めると共に、後方攪乱流場が2次元流に近づくと、この近似解は厳密解に近づき、かつ、物体形状についての細長体の仮定も必要なくなる事を示した。

〈構造強度部〉

海洋構造物の信頼性設計における強度評価について
(その2)

Strength Evaluation in a Reliability Design of
Offshore Structures (2nd Report)

渡辺喜保、藤本由紀夫、藤久保昌彦、石川邦照

平成4年7月

日本造船学会第11回海洋工学シンポジウム

造船学会海洋工学委員会構造部会では、「海洋構造物の信頼性設計指針(仮題)」の作成を目指して活動しているが、本論文はその中間報告の一環で、前報に引き続くものである。本研究では、海洋構造物の要素強度として疲労強度、破壊強度、コンクリート強度および地盤強度を取り上げ、これらの統計的性質を調査した。

疲労強度では、疲労亀裂発生寿命、亀裂伝播速度、および溶接継手形状の統計的特性について、分布形および変動係数を考察した。試験片ベースでの分布特性はほぼ把握できたと考えるが、実構造物の疲労設計では部材群内の作用応力分布や工作誤差の影響を考慮した分布形が必要になるので、これらの諸量の把握も重要と考えられる。

破壊強度では、溶接部の脆性破壊について、日本溶接協会の規格にある評価手順に則って、基本影響因子の不確定性を示し、その現状を示した。強度評価への信頼性工学の導入は、研究とデータの収集整理が始まった状況であり、今後の研究が必要であろう。

コンクリート強度では、コンクリートの圧縮強度、疲労強度およびヤング係数の統計的性質を示した。コンクリートの品質は、原材料のばらつきの他に、製造・施工条件、経年劣化等の変動要因の影響を大きく受けるため、実構造物中のコンクリート強度は、試験片強度よりもさらにばらつくものと考えられる必要がある。海洋コンクリート構造の疲労強度照査には基本的にマイナー則が適用できるが、限界累積被害度のばらつきは鋼材に比べて非常に大きい。

地盤強度では、軸荷重を受ける鋼管杭の支持力と横荷重を受ける杭の応答について、その不確定要因と統計的性質および信頼性解析のための定式化の現状を示した。強度の定式化では推定値と真値の相違を説明するため、種々の補正係数が導入される。不確定解析によると、杭の支持力および応答の主たる不確定要因はモデル化のエラーと試料採取法や試験法の相違による土質パラメータの不確定性であった。

(44)

Impact Tensile Strength of Carbon Fiber
Composite

炭素繊維複合材ケーブルの衝撃引張強度

小林佑規、田中義久

平成4年10月

The Canadian Society for Civil Engineering
ADVANCED COMPOSITE MATERIALS IN
BRIDGES AND STRUCTURES Edited by K. W.
Neale and P. Labossiere

海洋コンクリート構造物では、補強鋼材の耐食性が要求される。このため、鉄筋代替材料として繊維強化プラスチック製の補強材(FRP ロッド)、プレストレストコンクリート緊張材用炭素繊維強化プラスチック(CFRP)およびアラミド繊維強化プラスチック(AFRP)などの新素材ケーブルが開発された。一般に、FRP系の補強材は、軽量かつ高強度で、耐食性に富むが、鋼材と比較し破断伸びや靱性が少ないことが設計上の課題である。また、船舶などが海洋コンクリート構造物に衝突した場合には、衝撃力が補強材に負荷される。

このような背景から、プレストレストコンクリート用緊張材である炭素繊維複合材ケーブル(CFCC)を供試材とし、衝撃引張試験を実施した。供試材は、直径5mmの7本よりCFRPストランドであり、直径7 μ のPAN系炭素繊維に変性エポキシ樹脂を含浸した素線から構成されている。本稿では、衝撃引張における応力-歪線図を作成し、機械的性質および吸収エネルギーの歪速度依存性について検討し、次の結果を得た。

1. 静的引張での応力-歪線図は破断まで直線である。しかし、衝撃引張では、破断前に静的試験では見られない比例限界が応力-歪線図に生じた。この比例限界は、CFCCの損傷を示すものであり、繊維と樹脂との界面クラック、繊維の破断およびストランドの形崩れなどが起因していると考えられる。
2. 破断および損傷強度は、歪速度 $\dot{\epsilon}$ が32 (1/s)までは向上するが、それ以上の歪速度では低下した。これは、樹脂の歪速度依存性と界面の損傷に起因している。
3. 破断伸びは、静的試験のそれより低下するが、高歪速度での低下が少ない。損傷に対する伸びは、歪速度の増加に伴い直線的に低下する。したがって、吸収エネルギーも、 $\dot{\epsilon} \leq 32$ (1/s)のとき静的試験の値より向上するが、それ以上の歪速度で低下する。

4. 伸びの歪速度依存性は、静的負荷でも伸びが73%に達すると、何らかの損傷が生じることを示唆した。

〈機関動力部〉

フーリエ変換干渉法

Fourier Transform Interferometry

佐藤誠四郎

平成4年8月

機械学会、RC-93、燃焼のレーザー複合計測と数値予測研究分科会成果報告書

干渉CT法による火炎温度測定では、三次元的な空間分布を得ることができる。しかし多方向の干渉像を用いるため膨大なデータ処理を必要とする。現状の干渉縞の画像処理では、縞次数の判定などに人間の判断を必要とするため、干渉縞のデータ処理の自動化が困難なことなどがある。また気体の屈折率は高温になるほど変化が小さくなり、精度向上には干渉法の検出感度を高めることが必要である。

本稿では、干渉法による火炎温度測定のため、データ処理の自動化と干渉法の測定精度向上を目的としてフーリエ変換干渉法を適用した結果について述べたものである。

フーリエ変換干渉法は、従来のホログラフィ干渉法で得られる等高縞に、干渉光線を傾けて（ティルトして）得られる等間隔の干渉縞を加え、空間的に変調された干渉縞をもとに位相を抽出する方法である。光線のティルトは、ミラーを微量回転するだけでよく、ヘテロダイン干渉法などのように周波数シフターや位相変調素子、二周波レーザーなどの新たな装置を必要としない利点がある。

主な結果はつぎの通りである。

- 1) フーリエ変換干渉法により、干渉縞の山や谷などの勾配の判定を自動的に行なうことができる。
- 2) フーリエ変換法は、干渉像の撮影の際、光線を傾けるだけでよく、CT適用のための多方向干渉法に簡単に適用できる。
- 3) フーリエ変換干渉法のデータ処理法について、誤差の伴わない位相抽出方法を検討し、フーリエ変換の際、データの長さを変えて処理することでよい結果が得られる。

帰還干渉法

Feedback Interferometry

佐藤誠四郎

平成4年8月

機械学会、RC-93、燃焼のレーザ複合計測と数値予測研究分科会成果報告書

レーザを用いた干渉計測は近年測定精度の向上が要請され、ヘテロダイン干渉法、位相シフト干渉法などいくつかの高精度干渉法が提案されている。しかし干渉計測が高精度になればなるほど振動などの影響を受け易く、防振台を用いた安定化が必要となる。さらに積極的に安定化を図るには、外乱によるノイズを検出して干渉計にフィードバックし、この影響を除去する帰還干渉法が利用される。

帰還干渉法は、主に半導体レーザのもつ発振周波数の可変性を利用したもので能動干渉法とも呼ばれる。現状では応用分野が物体の変位、表面形状などの測定に限られているが、エンジンや燃焼装置などのような外乱の多い環境下での熱流体計測への適用も可能と思われる。

本稿では、帰還干渉法の光学系の構成、原理、適用例などについて概要を述べたものである。

光干渉法による計測では振動などの外乱があると、これによる位相変動が加わって測定される。したがって正確な測定には外乱を抑える必要がある。

半導体レーザは注入電流を直接変調して発振周波数を可変できるので、電子回路との整合性に優れ、フィードバックの制御が行ない易く帰還干渉法に利用されている。また半導体レーザは、従来の干渉法の装置の小型化、簡易化が可能であり各種干渉計測に利用が広がるものと考えられる。

熱プラズマの診断

Diagnostics of Thermal Plasma Temperature

佐藤誠四郎

平成4年9月

(株)オーム社

プラズマ材料科学ハンドブック

熱プラズマの温度計測法には、プローブ法、分光法、散乱法、伝搬法などがあり、このうち分光法が最も多く用いられている。分光法はプラズマから放射される電磁波をもとにした方法で、数万度以下の計測法としてほぼ確立されている。しかし適用に当たって、局所熱平衡の仮定などの前提条件などの考慮が必要である。

近年、各種レーザーおよび信号処理技術などの発展によりレーザーを応用したプラズマ計測が注目されている。レーザーを用いた計測法の特徴は、非接触でプラズマ場を乱さないこと、時間的、空間的分解能が優れていること、従来の手法では成し得なかった計測が可能となったことなどである。

熱プラズマの特性は、その構成要素である電子、イオンなどの荷電粒子のほか中性気体によっても大きく影響される。本稿では、分光法については他に記述があるので、荷電粒子および中性気体の温度測定法として、レーザーを用いたトムソン散乱法と干渉法について述べたものである。

トムソン散乱法は、電子温度の測定に最も信頼性のある方法といわれており、これは他の分光法で不可避な遷移確率の不確かさなどの誤差要因が少ないことによる。また時間および空間分解能に優れているが、一回のレーザー発振の間に一点の測定しか得られないことから、多点同時計測がはかられている。

レーザー干渉法は、プラズマの電子密度の測定に用いられ、プラズマが局所熱平衡状態にある場合には、電子密度から電子温度が求めることができる。

干渉法ではプラズマの観測視線方向の積分値が得られるので、分布形状の推定などに、あいまいさを伴う。しかしCT(コンピュータトモグラフィ)を用いることによって、あいまいさが除かれ任意の分布形状の場合でも測定が可能となる。CTの適用例として、大気中のアーク放電や高周波誘導プラズマの温度測定結果を示している。

NOx and Soot Reduction by Water Emulsified Fuel

エマルジョン燃料による NOx、すすの低減

塩出敬二郎、沼野正義、菊地正晃

桑原孫四郎、西尾澄人、石村恵以子

平成4年9月

Proc. of Fluidmechanics, Combustion, Emissions and Reliability in Reciprocating Engines

今日では、船舶から排出される有害排気ガスが地球の大気汚染に対して無視できないものであり、地球環境の保全のためには排出量を規制すべきとの動きがある。船舶から排出される有害排気ガスのうち、窒素酸化物、硫黄酸化物、微粒子などが当面の規制の対象となっている。このうち硫黄酸化物については、燃料中の硫黄分により決まるものであり、燃焼の改善によって低減できるものではない。この研究では、大気汚染物質である窒素酸化物及び機関故障に関連する微粒子の低減を第1の目的とした。これまでもエマルジョン燃料に関する研究は行われているが、船用ディーゼル機関については主として燃料経済性を扱ったものが多く、燃焼及び有害排ガスに関する研究は少ない。エマルジョン燃料が燃焼にどのような影響を与えるかを実験的に調査した。実験には中速、4サイクル、過給ディーゼル機関を使用した。燃料としては低質重油及びこれをエマルジョン化した燃料を使用した。重油をエマルジョン化すると粘度は増加する。水の添加量が多くなると粘度は大幅に増加する、たとえば、燃料と水の比が1:1の場合、粘度は約10倍に増加する。エマルジョン燃料が燃焼に与える影響としては、水の添加量が増加するとセタン価が低下し着火遅れが大きくなり、初期燃焼量が増加する。反面、着火遅れ期間中に生成される可燃混合気量が多くなるので燃焼期間は短縮される。燃焼最高圧力はエマルジョン燃料の水の添加量が増加してもほとんど変化しない。NOx濃度は、水の添加量が増加すれば低下するが、高負荷域では低減率が低下する傾向を示す。スモーク濃度は、低負荷域ではエマルジョン燃料の方が高いが、高負荷域ではエマルジョン燃料の方が低くなる。微粒子濃度は、エマルジョン燃料の方が高い値を示す、特に低負荷域で。スモーク濃度や微粒子濃度を低減する方法としては、燃料噴射圧力を高めることや給気温度を高めることが有効である。

Failure Prediction of Marine Diesel Engine using Qualitative Model

定性モデルによる船用機関の故障予測

沼野正義、石村恵以子、西尾澄人

塩出敬二郎、塚原茂司、村山雄二郎

平成4年9月

2nd International Workshop on Fluid mechanics Combustion and Reliability in Reciprocating Engines

船舶の乗組員の減少は進行しているが、そのためには航海中に故障が発生しないことが望ましく、出港前に故障箇所を予測し、部品の交換が陸上用員により行われることが望ましい。故障予測はエンジンメンテナンスを最適に計画するための一つの重要なキーテクノロジーである。エンジンの故障を予測するには、故障発生メカニズムと観測データから故障を予測する手法を明らかにする必要がある。

故障が進行しつつあるエンジンの状態を推定するために、エンジンの全ての要素の故障と故障進展に関する要素間の関係をオブジェクト指向言語で定性的にモデル化することが有用である。

従って、ここでは定性モデルを用いて船用ディーゼルエンジンの故障予測システムを提案している。このシステムには操縦者と機関長の専門的知識を、定性モデルの中に各要素の状態変数の関係式として表現している。

この故障予知は3段階に作られている。すなわち、
 (1) エンジンからのリアルタイムデータが収集され、それぞれの状態変数としてストアされる。
 (2) 未知の状態変数は、各状態変数間の関係を用いてモニタされた既知のデータを基に推定される。
 (3) 要素の将来的劣化が推定され、最終的に故障発生の時間が予測できる。

この故障予知手法は、エンジンの排気弁の故障を例として示す。

重質重油のエマルジョン燃焼

Combustion of Water Emulsified Heavy Fuel Oil

西尾澄人、菊地正晃、石村恵以子
桑原孫四郎、沼野正義、塩出敬二郎

平成4年10月

日本機械学会

第70期全国大会講演論文集

近年環境に対する関心が高まり、船用ディーゼルエンジンに対してもその排ガスの規制が考えられている。また重質重油を使用する船用ディーゼルエンジンにおいて、燃焼不良により生じるすすによる故障が多く報告されている。

これらの改善の方法の一つにエマルジョン燃料の使用があるが、本研究ではこの燃料を使用して給気温度、ノズル噴口径を変えることによって燃焼、排ガス組成、すすの排出量などがどのようになるのかを調べた。またエマルジョン燃焼による燃焼フレームの形の変化を調べるために、シリンダライナ・ヘッドの温度を調べた。

この実験に使用したディーゼルエンジンは、船用中速4サイクルディーゼルエンジンで、重質重油の水添加率を増大させると、燃焼や排ガスが以下の様になることが分かっている。水添加率の増加とともに着火遅れは大きくなり、燃焼期間は短縮される。NO_xは低減されるが、スモークやすすは増大される。筒内最高圧力は減少する。

エマルジョン燃料の不利な点であるスモークやすすの排出量を低減する方法として、給気温度の上昇、噴射圧力の上昇(ノズル噴口径を小さくすることによる)を試みた。以下にその結果を示す。

1. エマルジョン燃料を用いて、かつ給気温度を上げて運転することにより NO_x とすすの同時削減が可能である。
2. エマルジョン燃料の燃焼フレームはブランク油よりも長い、給気温度を上げると短くなる。
3. エマルジョン燃料を用いて、かつ燃料噴射圧力を上げて運転することにより高負荷で NO_x とスモークの同時削減が可能である。

〈材料加工部〉

光学式超音波検出装置による

レーザー超音波伝播特性の検討

Investigation on LASER Ultrasound using

Optical Probe

島田道男、吉井徳治

平成4年9月

日本機械学会

第70期全国大会講演会論文集

レーザーを用いて超音波の発生及び検出を行うレーザー超音波法は、非接触超音波計測技術として、材料計測あるいは非破壊評価技術への応用が期待されている。著者らは、光学式ヘテロダイン方式の非接触超音波検出装置と超音波発生用ルビーレーザー装置を組み合わせたシステムを用いて研究を進めたが、超音波の振幅が大きいときには、検出装置に頭打ち現象が生じ、正確な計測はほとんど期待できないことが分った。特に薄板試験体においては、レーザー照射により大振幅の板波が励起されるため、計測不能となる。

この問題を解決するため、ヘテロダイン方式の検出機構と大振幅で頭打ちとなる現象の解明を行った。その結果、超音波信号の振幅が $\lambda_{\text{light}}/8$ 以上の時、頭打ちとなることが判明した。さらに、光学式超音波検出装置で得られる変調信号および干渉信号から大振幅超音波を正確に再現する信号処理法を考案した。

本方式の有効性を調べるため、薄板の軟鋼試験体におけるレーザー照射時の変調信号、干渉信号をデジタルオシロで記録し、パソコン上で信号処理実験を行った。なまの干渉信号に乗っている振幅変調ノイズを包絡線検出力にて規格化、ノイズ除去する等の処理を施した後、本信号処理法を適用することにより、大振幅超音波の波形を忠実に再現できることが分った。また、板厚の異なる数種の試験体でレーザー超音波計測を行い、本方式の有効性を確認した。

本方式によって、DC から約30MHz に渡る広周波数帯域で、大振幅超音波変位の絶対値が計測できる。従来からの欠陥検出への応用に加えて、超音波の現象と歪、応力等の力学量の対応をとることにより、より定量的な超音波計測技術としての利用が可能になると考える。

レーザー照射によるアルミナセラミックスの
熱衝撃強度評価

Estimation of Thermal Shock Resistance of Al_2O_3
Ceramics by Laser Irradiation

秋山 繁、天田重庚、島田道男、吉井徳治

平成 4 年 9 月

日本機械学会

第70期全国大会講演論文集

近年、セラミックス材料の熱衝撃特性をレーザーパルスを用いて評価しようとする方法が提案され、各種材料についてレーザーによる熱衝撃特性評価研究が行われている。しかし、レーザー熱衝撃特性評価試験法は、従来から行われているクエンチング法に比較して多くの利点を有するが、各種セラミックスへの適用可能性や定量的評価の研究が不十分である。

本研究では、レーザーによる材料の熱衝撃強度評価試験法の確立のため、アルミナセラミックスにレーザービームが照射される場合について検討した。有限要素法を用いて準定常弾性熱応力解析を行い、出力密度、スポット径及び熱応力の関係を求め、実験結果と比較して、次の結論を得た。

- (1)引張強度226MPa または圧縮強度2,550MPa でアルミナセラミックスが破壊すると仮定して、最大引張応力及び最大圧縮応力とスポット径の関係より熱衝撃破壊臨界曲線が得られた。
- (2)実験より得られた破壊臨界出力密度が、計算により求めた最大引張応力による熱衝撃破壊臨界曲線に近い値になることが判明した。
- (3)圧縮強度より引張強度から求めた熱衝撃破壊臨界曲線の方が小さい値を示すので、アルミナ部品の設計には、引張強度の臨界曲線を考慮する必要がある。
- (4)弾性熱応力有限要素計算より得られる最大熱応力と、レーザー熱衝撃実験より得られる破壊臨界出力密度を用いて、材料の引張強度あるいは圧縮強度が推定できる。
- (5)本方法を熱衝撃強度評価試験法として用いる場合は、スポット径によらず一定の臨界値が得られる範囲、すなわち、アルミナの場合は、引張では12mm ϕ 以上、圧縮では26mm ϕ 以上のスポット径の使用が推奨される。この範囲の一定の臨界出力密度は、材料の熱衝撃強度の指標を与える。アルミナの場合は、引張の臨界値が約2.9W/mm²、圧縮の場合は約3.6W/mm²となる。

レーザー加熱シミュレーションと表面改質の応用
Simulation of Laser Heating and Its Application to
Surface Modification

高橋千織、千田哲也、天田重庚、渡辺竜太

平成 4 年 9 月

日本機械学会第70期全国大会講演論文集

レーザー加工はレーザー光を材料に照射し、材料表面層に熱を発生させて目的に応じた加工を行う。被加工物は、この時の温度上昇に伴う材料の相変化、溶融、蒸発、化学反応などにより加工されるため、レーザー照射下における温度挙動が非常に重要な問題になっている。本報告ではレーザー照射下における温度挙動を求めるために、差分法に基づいて開発したシミュレーションプログラムについて報告するとともに、これをアルミナ溶射皮膜に対して行ったレーザー溶融処理に応用し検討を行った。解析モデルには直径D、高さHの円筒座標系を持つ被加工物に、出力Q、直径dの静止したレーザービームを連続発振モードで照射した時を考えた。被加工物内の熱挙動を軸対称二次元非定常問題として扱い、物性値の温度依存性も考慮したシミュレーションモデルを作成した。さらに、これをビームが移動する場合に拡張するため、近似モデルを作成し計算を行った。実験結果との比較では、レーザー処理後のアルミナ皮膜に発生する熱影響部層が γ -アルミナから α -アルミナに転移していることに着目し、この領域が転移温度(約1200°C)以上に達した領域であると推察されることから、種々のレーザー処理条件における熱影響部深さの測定値とシミュレーションモデルによる計算値との比較を行った。この結果、計算値は測定値に比べてやや小さな値となったが、レーザー出力およびビーム移動速度などの処理パラメータと熱影響部深さの関係は計算値と測定値で同じ傾向を示した。値が小さくなる理由としてはレーザー出力の近似やモデル表面部の差分格子が荒いことが考えられ、また、気相領域の範囲では時間の刻みに対する温度変動が大きいいため、改良の余地があると考えられた。

〈装備部〉

Lidar Observation of Marine Mixed Layer

海上混合層のライダー観測

山岸 進、山之内博、土屋正之

平成4年7月

16th International Laser Radar Conference

大気混合層は汚染物質の移流拡散に大きな影響を与える事は周知であるが、現在のところ、一般気象データからその特性を十分な精度で予想することはできない。本研究では、海上における混合層の特性を把握するため、ライダーを使ってエアロゾルの濃度分布からその構造を推定することとした。

海上エアロゾルは海面付近で生成され、乱れによって上空に拡散され、そこで鉛直拡散が抑制されると、エアロゾル濃度に大きな差が現れる。これはライダー信号の変化として捉えられ、その3次元分布を調べることによって構造を知ることができる。解析においては、濃度分布そのものより基準化濃度勾配の経時変化をグラフ化することによって、変化過程を推定した。

1992年8月ライダー装置を航海訓練所青雲丸(5,000t)に搭載し、船体動揺角については2軸ジャイロによる補正を行って観測した。

観測の結果、伊勢湾から新島まで観測で、混合層の上端は陸上において約1.6km、海上では約700mから900mであったと推定される。陸上混合層高度は高層ゾンデ観測データによっても確認された。しかも湾内では濃度分布が2重構造となっている事が分かった。また、海水温が気温より高い状態になった時、高度約170mの混合の活発な層が観測され、この上部には安定層があると推定される。以上のように、ライダーは混合層の構造に関して極めて有効な観測方法であることが示された。

ロックウール緩衝材の振動耐久性について

Vibration Durability of Rockwool

原野勝博、藤井 忍

平成4年9月

日本騒音制御工学会

技術発表会講演論文集 1992年

ロックウール(R・W)等の振動緩衝材は、階下に発生する歩行音を減少させるために高級な高層住宅等で、使用されており、その施工法も確立されている。しかし船舶に用いられた例は少なく、陸上建築物と異なり長期間常時振動を受ける環境においての、R・Wの疲労耐久性に関するデータは、ほとんど公表されていない。当所では、船舶に用いられる浮床の今後の設計資料に資するため、航海訓練所の練習船「大成丸」が建造された昭和56年より、同船の第一教室に施工されたR・W式浮き床の防振効果を測定し、その耐久性に関する調査を航海訓練所との共同研究として実施してきた。10年間の測定データ、及びR・Wの振動疲労を調べるため実験室で行った2,500時間の動疲労促進実験の結果は以下の通りである。

- (1) R・W式浮床の防振効果は4年目(建造後3年半)の間は漸増し全バンド平均で3~5dB増加した。これは振動により、R・Wが鋼板面、内装面とよくなじんで防振特性が均一化してくるためと思われる。
- (2) 防振効果は、5年目以降は低減傾向を示し、10年目では建造時とほぼ同じ値になったことから、R・Wにも振動疲労による寿命があると考えられるがそれは、10年よりかなり長そうである。
- (3) 浮床の防振特性からは、就航後3年間に、浮き床のダンパーは大幅に増大していたが、動パネ定数は10年間に明確な変化は認められなかった。
- (4) R・Wの振動疲労試験を行ない、R・W内部での消費エネルギーがある値を超えると動パネ定数、損失係数が変化することを確認した。
- (5) 剛体モードと仮定して求めた実船の浮き床のR・Wの消費エネルギーと比較すると、振動により浮き床の特性が10%変化するのに、50年以上を要すると考えられる。

〈システム技術部〉

**確率論的安全評価における火災リスク評価手法の
研究（４）**

炉心損傷頻度の試算

Study of Fire Risk Analysis Method in the PSA (4)

Estimation of the Core Damage Frequency

松岡 猛、宮崎恵子、近藤雅明

平成 4 年10月

日本原子力学会秋の分科会要旨集

日本原子力研究所からの受託研究として実施している「火災リスク評価手法の検討」の研究成果についての報告である。

本解析では火災特有の解析方法の検討を主眼として従来の解析手順の改良・詳細化を行った。解析手順は(1)解析対象区画の設定、(2)火災発生頻度の推定、(3)COMPBRN コードによる火災進展解析、(4)機器損傷をもたらす火災発生頻度の推定、(5)消火成功確率の推定、(6)火災原因起因事象の同定、(7)イベント・ツリー作成、(8)事故シーケンスの選定、(9)炉心損傷頻度点推定値の算出、より構成されている。

解析対象プラントは、改良型 BWR であり、火災区画としては、スイッチ・ギア室、非常用発電機室、海水熱交換器室、制御室の 4 区画を取り上げた。火災源としては、ケーブルの発火及び可燃性液体の発火を選定し、発火源の規模の大小に対して火災発生頻度を推定した。各区画内の 3 ヶ所の火災発生位置における大・小火災源について COMPBRN 解析を実施し、各条件下における機器損傷範囲を評価し、その結果から、機器損傷をもたらす火災発生頻度を推定した。消火作業の評価は、Siu & Apostolakis のモデルに基づいて行なったが、今回は所内要員による消火も考慮した。火災原因の起因事象としては、スイッチ・ギア室内火災の場合は外部電源の喪失、主制御盤火災の場合はトランジェント事象、その他の火災の場合は手動停止を同定した。各々の火災事象毎に、イベント・ツリーを作成した。その際、火災により損傷する機器、使用不能になる系統を考慮し、原研で開発したイベント・ツリー解析支援システム ETAP を用いた。

以上の検討結果をもとに、各区画内の火災毎に炉心損傷頻度を算出した。今後、さらに現実的なモデル化・取り扱い方法の改良を行い、火災事故リスク評価手法の確立を目指した研究を進めていく。

GO-FLOW 手法による信頼性解析(12)

不確実さ解析機能の整備

Reliability Analysis by the GO-FLOW

Methodology (12)

Development of the Function of Uncertainty

Analysis

松岡 猛、小林道幸

平成 4 年10月

日本原子力学会秋の分科会要旨集

船舶技術研究所において開発を進めている GO-FLOW 手法において、不確実さ解析機能を整備した結果についての報告である。

不確実さ解析は、モンテ・カルロ法を基本としている。解析手順は 2 段階より構成されており、第一段階で従来の GO-FLOW 解析と同等の解析を実施し、不確実さ解析の対象として選定した信号線についてミニマル・カット・セットを求め、中間ファイルに出力する。第二段階で、ユーザの用意した不確実さデータを用いて機器の故障率等に乱数を用いて求めた値を割り当て、多数回の計算を繰り返す。機器の故障率、故障確率、動作確率の分布としては、正規分布、対数正規分布、一様分布、対数一様分布、ガンマ分布、二項分布、ベータ分布、ヒストグラム分布が用いられる。解析結果の出力としては、解析条件、メディアン値、平均値、90%信頼度巾、標準偏差、エラー・ファクター、累積確率分布、確率密度分布が、各々の信号線、タイム・ポイント毎に得られる。

ラスムッセン報告(WASH-1400)において与えられているサンプル問題と比較するためモデル的な体系を GO-FLOW チャートに表現し解析を実施した。各機器の故障率等に対数正規分布を与えた場合、タイム・ポイント 2 において WASH-1400 の結果と一致する確率密度分布が得られた。タイム・ポイント 3 以降は、それ以降の時間経過、人的要因の回復効果が考慮された結果となっている。一例として、時間経過に伴う累積確率分布の変化の様子を図に示した。

不確実さ解析機能が GO-FLOW 手法に整備された事により、GO-FLOW 手法の特長を生かした、時間経過に伴う不確実さ分布の推移、頂上事象以外のシステムの各部分における信頼度の不確実さの中も容易に得られるようになった。

〈原子力技術部〉

**γ線、低エネルギーX線照射時の均質ファントム内
吸収線量分布計算**

Absorbed Dose Distribution Calculation in a
Homogeneous Phantom Irradiated with γ-rays
and Low Energy X-rays

成山展照、田中俊一、吉澤道夫、波戸芳仁
平山英夫、伴 秀一、中島 宏、中根佳弘

平成4年7月

EGS 4研究会 (第2回)

従来50keV以下の低エネルギーX線は強い線源がないこともあり、あまり重視されてこなかったが、最近の放射光施設の普及により、こうしたX線に対する線量評価を精度よく行う必要性が高まってきた。EGS 4は元来高エネルギー放射線用に開発されてきたコードではあるが、光子エネルギーで1 keV、電子エネルギーで10keVまで計算できることになっており、こうした低エネルギー領域においてもその適用が期待される。そこで放射光からの単色X線に対する線量分布を測定し、この結果をもとにEGS 4コードの低エネルギー領域における計算精度の評価および改良を行った。

実験では1辺30cmの立方体型の均質ファントムを用い、その表面中心に垂直に30keV単一のエネルギーをもつX線ビームを入射させた。線量計には $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (Cu)とLiFのTLDを用いた。結果はファントム表面近くでビーム軸から1 cm離れると2桁、5 cm離れると3桁減衰する線量分布を示した。また比較のため ^{60}Co 、 ^{137}Cs ガンマ線を用いた実験も行った。

以上の実験結果をもとにEGS 4で解析したところ ^{60}Co 、 ^{137}Cs 照射では計算値と実験値は一致したが30 keV X線ではコヒーレント散乱の影響を無視できないことがわかった。つまり、コヒーレント散乱の無視はビーム軸上で最大70%の過大評価につながることを確認した。また低エネルギーX線に対してはこの他にコンプトン散乱における電子束縛の影響があり、これを新たにコードに組み込んで計算した結果、実験値と表面近くを除き誤差内で一致した。

〈氷海技術部〉

海水及び淡水氷の強度特性に関する研究

Study on the Properties of Compressive Strength of

Sea Ice and Fresh Water Ice

田淵浩文、竹内貴弘、今泉 章
榎 国夫、岡本 智、佐伯 浩

平成4年6月

土木学会

第17回 海洋開発シンポジウム論文集

氷海向けの海洋構造物及び寒冷地の水理構造物の支配外力は水力となる事が多い。水力の算定に際しては、海水の強度、弾性係数等が重要となり、これにより構造物の断面形状、壁面角等が決定される。鉛直構造物の場合、特に一軸圧縮強度が問題となることから、過去に海水及び淡水氷の一軸圧縮強度の決定法に関して直接破壊試験を行った結果が数多く報告されている。また、非破壊試験から強度を推定する方法も提案されているが、現在のところ、氷盤の強度の推定のための、試験方法や試験回数等の指針は示されていない。

本研究においては、上記構造物の設計に役立てることを目的として、北海道のサロマ湖の海水を用いて、一軸圧縮試験を行った。海水の強度、弾性諸定数を求めることにより、その頻度分布等から、強度の決定法を評価した。北海道の桂沢ダム湖の水を用いて行った試験結果との比較を行い、淡水氷への適用について検討した。非破壊による海水の強度推定法の確立を目指すために、海水の動弾性係数の測定を行った。

本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- ①海水においては、氷の一軸圧縮強度の頻度分布は正規分布で近似できる。
- ②氷盤の一軸圧縮強度の平均値を5%の誤差で求めるには、長さ方向に約2 m、幅方向に約50cmにわたっての供試体の採取で充分である。
- ③一軸圧縮強度は密度に比例して直線的に増加する。また、氷温が低いほど、密度の増加に対して、一軸圧縮強度の増加の割合が大きくなる。同様に、圧縮弾性率についても同じ結果が得られた。
- ④過去に行われた淡水氷の試験結果についても氷温と一軸圧縮強度、氷温と圧縮弾性率の関係に同様な傾向が見られた。
- ⑤動弾性率は密度に比例して直線的に増加するが、氷温の依存性は小さい。
- ⑥圧縮弾性率は動弾性率に依存し、動弾性率の増加に

ともない直線的に増加する。

⑦動弾性率を求めることにより、10%の誤差範囲で一軸圧縮強度を決定することができる。このことは過去の Saeki 等の考察を裏づける結果でもある。

Application of a Panel Method to the Unsteady Hydrodynamic Analysis of Marine Propellers

パネル法による船用プロペラの非定常流力特性解析

小山鴻一

平成4年8月

19th Symposium on Naval Hydrodynamics

船用プロペラの流力特性の解析においては、従来揚力面理論の応用が中心で、それによって流力特性を計算で求める事が可能となっている。揚力面理論は薄翼理論であるので、翼の厚みの影響を精密に扱う必要のあるときはその理論では不都合となることがある。そこで最近厚翼を厳密に扱うパネル法の応用が盛んになりつつある。パネル法をプロペラ周りの定常流れの解析に適用した研究は既にいくつか発表されている。

本論文においては、任意の作動状態にあるプロペラ周りのポテンシャル流のシミュレーションを行うことを目的として、プロペラ周りの非定常流れを解析するためのパネル法を提案した。非定常流れの計算は、翼後流渦の成長を逐次時間進行で追うことによって数値計算した。

まず、クッタの翼後縁の流出条件について検討し、ポテンシャルベースのパネル法におけるダブレットマッチング数値クッタ条件について説明を加えた。それを定常流中の2次元翼の数値計算において検証し、プロペラの計算に適用した。

数値計算は3つのプロペラについて行い、他の方法による計算値や実験値と比較し検討した。

本パネル法の数値的検証として、パネル分割数や時間進行の精度について検討した。

プロペラ周りの流れに対する他翼の影響、ハブの影響等を計算し議論した。

不均一流中で作動するプロペラの検討としては、サイン波状の不均一流について行い、結果を周波数領域の解析にもとづいた他の非定常解析法によるものと比較し検討した。

比較検討の結果、本パネル法の長所、可能性、発展の方向が明らかになった。

〈大阪支所〉

FRP 廃船の処理技術

Disposal Technique of Scrapped FRP Boats

吹上紀夫

平成4年9月

FRP 漁船研究会、FRP 漁船 No.147

FRP 材は比強度、耐食性、成形性等に優れているため、軽量化を要求する船舶、車輛、航空機等の構造材料として多く使用されるようになった。船舶関係では、主として小型漁船がFRP化され、現在30数万隻(FRP化率約80%)のFRP漁船が稼動している。ところが、これらが廃船となった場合、膨大な経費が必要となるため、現在、多く関係機関でこの処理方法と有効利用方法が調査・研究されている。

大阪支所では、効率のよい切断方法と効果的な再利用方法として、爆薬を使って船体を切断解体する方法と人工魚礁として再利用する方法を考案し、その実用性と効果的な利用方法について研究を行ってきた。

爆薬による切断解体方法の研究では、ペンスリット系爆薬が性能が良く、その取扱いも便利で、FRP船体の解体等に最適であることを確認し、厚さ t (cm)のFRP単板の切断に必要な最小の爆薬量 w (g)は $w = 0.52t^{1.3}$ となることなどを明らかにした。また、人工魚礁とする場合には吃水線下にも穿孔する必要があるため、水中における切断実験を行い、空中での切断とほぼ同様の爆薬量で切断できることを確認した。

これら基礎実験で得た結果の実用性を確認するため、5トン型FRP漁船の解体および人工魚礁として再利用するための沈設実験を行った。解体実験では、後処理工程にかけられる程度の大きさに解体するのに約13kgの爆薬を要した。また、沈設実験では、5トン型FRP漁船2隻を並べ、実験池に浮かべた状態で穿孔(約200mm ϕ)し、その開口部より自然給水させて沈没させた。穿孔は、吃水上の両舷側に24カ所、船底部に14カ所行った。これに要した爆薬は、舷側部が545g、船底部が801gであった。

更に、これまで国内で行われた廃船の沈設例および沈設後の蝟集効果などを紹介した。